

# EKSPLORASI SENSOR, GPS, DAN MODA KOMUNIKASI NIRKABEL INTERNET OF THINGS

Tati Susilawati, Iwan Awaludin

Politeknik Negeri Bandung  
Jl. Gegerkalong Girang Bandung  
E-mail : tatususi@jtk.polban.ac.id

## ABSTRAK

Internet of Thing menandai era Industri 4.0 di mana hampir semua hal di lingkungan manusia menjadi data yang dapat disimpan dan diproses di internet. Untuk masuk ke dalam penelitian berbasis Internet of Things maka diperlukan pengetahuan tentang sensor, GPS, dan moda komunikasi Internet of Things. Sensor yang dipilih adalah sensor suhu dan sensor jarak (berbasis ultrasonik, infrared, dan laser). GPS diuji coba dengan beberapa macam antena. Moda komunikasi dicoba memakai nRF24L01, BLE, WiFi, dan GSM/GPRS. Hasil dari eksplorasi diberikan dalam bentuk rekomendasi komponen Internet of Things untuk beberapa studi kasus yang mungkin.

**Kata kunci : Internet of Things, Sensor, GPS, komunikasi nirkabel.**

## 1. PENDAHULUAN

Isu penting yang sedang dihadapi oleh dunia pendidikan di Indonesia adalah kesiapan menyambut industri 4.0. Istilah ini sering dihubungkan dengan revolusi industri ke 4. Revolusi industri 4 merupakan suatu perubahan besar cara menangani data karena bisa dibidang hampir semua hal terhubung ke internet. Untuk mendapatkan data yang terhubung ke internet setidaknya diperlukan 3 hal yaitu:

- Sensor
- Komunikasi data

Melihat sejarahnya yang berasal dari Teknik komputer, awalnya Jurusan Teknik Komputer dan Informatika masih familiar dengan perangkat seperti sensor dan mikrokontroler. Seiring dengan perkembangan zaman maka perangkat sensor dan mikrokontroler tidak lagi menjadi perhatian karena lebih mendalami bidang informatika. Tetapi dengan perkembangan terakhir yang membutuhkan data dari lingkungan dengan bantuan sensor dan mikrokontroler maka dirasa perlu diperdalam.

Untuk itu dalam penelitian mandiri ini dilakukan eksplorasi terhadap perangkat sensor, mikrokontroler, dan komunikasi data Internet of Things. Penelitian ini dilakukan dengan mencoba beberapa sensor dan moda komunikasi nirkabel yang tersedia.

## 2. STUDI LITERATUR

Penggunaan perangkat Internet of Things dalam aplikasi sehari-hari bukanlah hal yang baru. Sudah banyak aplikasi yang dikembangkan sejak awal munculnya mikrokontroler. Berbagai macam sensor dan actuator telah banyak dikombinasikan dengan mikrokontroler dalam aplikasi industri dan rumah.

Pada awalnya pengembang yang ingin menggunakan mikrokontroler dengan kombinasi sensor/actuator, harus memiliki kemampuan dalam Bahasa pemrograman level rendah. Selain itu sedikit banyak pengetahuan tentang sifat-sifat elektronik dari sensor dan actuator juga harus dimiliki. Karena itu pengembangan sistem dengan memakai mikrokontroler masih terbatas pada komunitas tertentu saja.

Framework seperti Arduino mengubah semua itu. Kemudahan yang diberikan oleh Arduino menyebabkan penggunaan mikrokontroler menjadi semakin luas. Adanya perisai (shield) untuk berbagai macam jenis sensor dan aktuator. Pengetahuan tentang rangkaian listrik tidak lagi menakutkan bagi pemula untuk mencoba sistem berbasis mikrokontroler.

Berawal dari tesis master dari (Barragán, 2004) yang mendesain sistem minimum mikrokontroler dan lingkungan pengembangan yang mudah digunakan. Pengembang pemula cukup berkonsentrasi pada ide-ide yang ingin diimplementasikan. Sementara hal lain berkaitan dengan rangkaian listrik dan antar-muka dengan sensor dan aktuator dipermudah dengan adanya bermacam perisai sesuai kebutuhan.

Dengan adanya kemudahan membangun sistem mikrokontroler berbasis framework seperti Arduino, banyak topik-topik riset sederhana sampai kompleks. Beberapa aplikasi riset bisa dilihat seperti di bawah ini.

Aplikasi Arduino biasanya digunakan untuk membuat sebuah sistem yang berharga murah. Contoh dari aplikasi ini adalah publikasi dari (Teikari et al., 2012). Tugas Arduino adalah mengendalikan lampu LED untuk membantu sistem penglihatan komputer.

Penelitian lain menggunakan sensor suhu dan kelembaban untuk memonitor kondisi lingkungan. Misalnya yang dilaporkan dalam (Caccamo, Calabrò, Cannuli, & Magazù, 2016). Sensor ini dibaca datanya dengan bantuan Arduino, lalu dikirimkan ke pengumpul data yang lebih tinggi hirarkinya. Aplikasinya dapat digunakan sebagai komplemen terhadap stasiun cuaca yang dimiliki oleh balai-balai meteorology.

Untuk pengumpulan data diperlukan suatu medium. Jika jaraknya dekat maka pilihan pemakaian kabel menjadi pilihan utama. Misalnya (Awaludin & Soewono, 2018) menggunakan koneksi serial dari USB untuk mengirimkan data pengukuran Arduino ke komputer. Dalam satu waktu bisa membaca dan menyimpan data dari beberapa perangkat sekaligus tergantung dari banyaknya koneksi USB yang tersedia di komputer.

Sementara itu pilihan media komunikasi yang masih tersedia terutama komunikasi nirkabel. Pada awalnya memakai komunikasi nirkabel yang sudah tersedia seperti Bluetooth dan WiFi. Misalnya aplikasi kendali UAV menjelajahi tempat sesuai koordinat GPS berbasis Arduino yang menggunakan WiFi seperti dilaporkan dalam (Busquets et al., 2012).

### 3. HASIL INVESTIGASI

#### 3.1. Sensor Jarak

Ada banyak jenis sensor jarak yang tersedia di pasaran. Beberapa yang mudah ditemui dan dijadikan aplikasi antara lain adalah:

- a. Ultrasonik
- b. Infrared
- c. Laser

Sensor jarak ultrasonik sering sekali dipakai dalam aplikasi yang menggunakan embedded system. Biasanya dalam satu set terdapat satu buah *transmitter* sinyal ultrasonik dan *receiver* sinyal ultrasonik. Harganya bervariasi dari belasan ribu sampai puluhan ribu rupiah. Misalnya seperti tiga buah sensor di Gambar 1 ini.



Gambar 1. Sensor Ultrasonik

Ketiga sensor ini memiliki spesifikasi yang hampir sama. Jarak minimum yang bisa dideteksi adalah 2cm sementara jarak maksimumnya dua sensor pertama 4,5m sedangkan sensor terakhir 5m.

Selain sensor ultrasonik, jarak juga dapat diukur menggunakan sensor infrared. Harga dari sensor infrared ini lebih mahal daripada sensor ultrasonik. Sensor ini menggunakan cahaya infrared untuk mengukur jarak. Jarak yang dapat diukur ternyata tidak terlalu jauh. Rentang jarak yang bisa diukur adalah 10 – 80 cm untuk sensor dengan harga lebih mahal. Sedangkan sensor dengan harga yang lebih murah, rentang jarak yang bisa diukur adalah 4 – 30

cm. Dengan rentang jarak yang lebih pendek dikhawatirkan akurasinya pun lebih jelek daripada sensor ultrasonik.

Sensor jarak yang memiliki akurasi yang lebih baik dari ultrasonik adalah sensor berbasis laser. Sensor ini mampu menghitung jarak dalam rentang 3 cm – 2 m dengan akurasi 1mm. Harganya berada di tengah-tengah sensor ultrasonik dan sensor infrared. Tabel perbandingan dari sensor tersebut diberikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Perbandingan Sensor Jarak

Produk	Jenis	Rentang (mm)	Akurasi (mm)	Harga (Ribu rupiah)
HC-SR04	Ultra sonic	30 – 4000	3	13. – 150.0
HC-SRF05	Ultra sonic	10 – 4000	3	22.5 – 60.0
JSN-SR04T	Infrared	40 – 800	1	125.0 – 250.0
VL53L0X	Laser	30 – 2000	1	80.0 – 130.0

Pada percobaan yang telah dilakukan, sensor yang paling umum dipakai adalah HC-SR04 karena harganya paling murah dengan akurasi yang cukup baik. Tetapi ketika digunakan untuk jarak yang lebih jauh dari 2m, akurasi pengukuran akan memburuk. Hal ini disebabkan hasil pengukuran tidak konsisten dari waktu-ke-waktu. Untuk mendapatkan hasil yang konsisten maka perlu dilakukan beberapa kali pengukuran dalam rentang waktu tertentu. Nilai hasil pengukuran bisa dihitung sebagai nilai rata-rata yang kemudian dijadikan jarak.

Dari percobaan diketahui sampai jarak 1m, sensor ultrasonik dan laser dapat memberikan hasil yang stabil. Tetapi untuk jarak di atas 1m, sensor laser mulai memberikan hasil yang tidak stabil. Setelah beberapa kali pengukuran, dengan jarak yang sama sensor laser memberikan hasil yang berbeda-beda. Meskipun tidak besar, tetapi perbedaan ini sangat krusial untuk aplikasi pengukuran yang memerlukan akurasi tinggi sampai orde millimeter.

Sementara itu, untuk sensor ultrasonik, stabilitas pengukuran masih bisa diperoleh sampai jarak 3m. Setelah jarak 3m, hal yang sama terjadi seperti pada sensor laser. Untuk menghadapi masalah ini biasanya dilakukan penghitungan nilai rata-rata setelah beberapa kali pengukuran.

Konsumsi daya dari sensor juga bervariasi. Jenis yang paling banyak dan murah di pasaran yaitu tipe SR-04 memiliki konsumsi daya yang lebih besar. Konsumsinya bisa mencapai empat kali lipat SRF-05. Berada di tengah-tengah adalah konsumsi daya dari VL53L0X yang sampai dua kali lipat dari SRF-05.

### 3.2. Sensor Suhu

Sensor suhu merupakan salah satu sensor yang banyak digunakan dalam aplikasi berbasis sistem embedded. Sensor ini tersedia dengan harga yang cukup terjangkau di pasaran. Beberapa sensor suhu yang dibandingkan ada dalam tabel berikut ini.

Tabel 2. Perbandingan Sensor Suhu

Produk	Rentang (°C)	Akurasi (°C)	Frekuensi (Hz)
DHT 11	0 – 50	2	1
DHT 22	-40 – 80	0,5	0,5
LM 35	-55 – 150	0,5	1
TMP 36	-40 – 125	2	1
DS18B20	-55 – 125	0,5	1,33
BMP 28	-40 – 85	1	1

Pada percobaan yang dilakukan memakai DHT 11, DHT 22, dan SHT 11. Dalam panduan disebutkan DHT 11 dapat melakukan pembaruan hasil baca setiap 1 detik. Untuk mendapatkan hasil pembacaan yang benar, maka dalam satu detik ini kita dapat melakukan beberapa kali pengukuran. Jika hasil pengukuran ini memberikan nilai yang berdekatan maka sensor bekerja dengan baik. Jika pengukuran memberikan nilai yang berbeda jauh maka bisa dikatakan sensor sudah tidak bekerja dengan baik dan harus diganti.



Gambar 2. Kemasan Sensor DHT 22

Secara umum DHT 22 memiliki akurasi yang lebih baik daripada DHT 11 dalam artian setelah beberapa kali diambil datanya dalam rentang pembaruan, nilai yang dihasilkan oleh DHT 22 lebih stabil. Berdasarkan hasil percobaan dengan sensor yang lain, sensor suhu yang memiliki stabilitas dan daya tahan yang cukup baik untuk penggunaan *outdoor* adalah SHT 22. Tetapi saat ini harga sensor tersebut masih cukup mahal, yaitu lima kali lipat harga DHT 22. Untuk keperluan skala lab, DHT 22 masih bisa memenuhi kebutuhan banyak aplikasi.

### 3.3. Global Positioning System

Aplikasi GPS sangat diperlukan oleh sistem berbasis lokasi. Ada komponen GPS yang sudah terintegrasi dengan antena dan ada yang belum. Jenis antenanya pun bermacam-macam ada yang dari metal dan ada yang dari keramik. Berikut ini hasil percobaan yang telah dilakukan.

Satelit GPS mengelilingi Bumi dua kali sehari dalam orbit yang tepat. Setiap satelit mengirimkan sinyal unik dan parameter orbital yang memungkinkan perangkat GPS untuk memecahkan kode dan menghitung lokasi tepat dari satelit. Penerima GPS menggunakan informasi dan trilaterasi ini untuk menghitung lokasi pasti pengguna. Pada dasarnya, penerima GPS mengukur jarak ke masing-masing satelit dengan jumlah waktu yang diperlukan untuk menerima sinyal yang dikirimkan. Dengan pengukuran jarak dari beberapa satelit lagi, penerima dapat menentukan posisi pengguna dan menampilkannya.

Untuk menghitung posisi 2-D (garis lintang dan garis bujur) dan gerakan lintasan, penerima GPS harus dikunci pada sinyal minimal 3 satelit. Kalau dapat sinyal dari 4 atau lebih satelit, penerima dapat menentukan posisi 3-D (garis lintang, garis bujur dan ketinggian). Umumnya, penerima GPS akan melacak 8 atau lebih satelit.



Gambar 3. Modul GPS dengan Antena Keramik Kecil Pasif

Modul GPS seperti ini kurang bagus untuk aplikasi *indoor*. Bahkan *indoor* yang hanya terhalang oleh satu atap saja sudah tidak stabil kemampuan lock satelitnya. Selain antenanya kecil, sifatnya juga *passive* sehingga lebih lama mendapatkan sinyal satelit GPS.



Gambar 4. Modul GPS dengan Antena Keramik Aktif

Modul GPS dengan antena keramik besar seperti ini cocok untuk aplikasi *outdoor* dan *indoor* (1 lantai atau tertutup satu lapis atap). Selain antena lebih besar, sifatnya juga aktif dengan rangkaian penguat sehingga lebih mudah mendapatkan sinyal satelit GPS.



Gambar 5. Antena GPS

Antena tersebut digunakan untuk melakukan lock satelit pertama kali agar

disimpan oleh chip GPS. Setelah identitas satelit yang ada di daerah tersebut sudah di lock, maka selanjutnya bisa menggunakan antena yang ada di GPS asalkan masih di aplikasi *outdoor*.

Dari sisi konsumsi daya tentu saja GPS yang memakai antena active memakai daya yang lebih tinggi.

### 3.4. Komunikasi

Era Internet of Things adalah era pengambilan data dari sensor-sensor yang tersebar dan kemudian dikirimkan ke sistem lain melalui jaringan komunikasi. Awalnya metoda komunikasi yang umum dipakai adalah melalui jaringan kabel atau fiber optic yang secara fisik terlihat koneksinya. Setelah itu berkembang komunikasi nirkabel dengan mempertimbangkan kesederhanaan arsitektur.

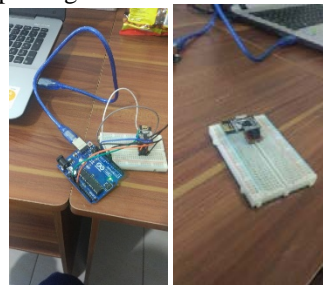
Ada banyak media komunikasi yang tersedia untuk perangkat embedded IoT. Tabel berikut ini memberikan gambaran teknologi, jarak, dan konsumsi daya dari masing-masing media komunikasi nirkabel.

Tabel 3. Perbandingan Modul Komunikasi

Produk	Teknologi	Jarak	Konsumsi daya	Kecepatan
SIM800L	GPRS/GSM	Tergantung BTS	Rata2 350mA, maksimum 2A	85,6 kbps
SIM900	GPRS/GSM	Tergantung BTS	Rata2 500mA maksimum 2A	115,2 kbps
ESP8266	Wifi 802.11	LOS 10m	170 mA	4,5 Mbps max
BLE	Bluetooth 2,4 GHz	LOS 5m	10 mA	2 mbps
nRF24L01	2,4 GHz	LOS 7m	15 mA	250 kbps
LORA	433 MHz, 868 MHz,	15 km, 5 km, 2km	28 mA	27 kbps

	915 MHz			
--	---------	--	--	--

Eksperimen komunikasi sistem embedded akan dilakukan dengan membuat sebuah *transmitter* dan sebuah *receiver*. Tugas *transmitter* adalah mengirimkan angka integer sedangkan *receiver* adalah menerima angka tersebut dan menampilkannya lewat komunikasi serial. Setup dari percobaan diperlihatkan pada gambar berikut. Contoh ini adalah sebuah Arduino UNO yang dilengkapi dengan nRF24L01



Gambar 6. Rangkaian Arduino Uno dengan nRF24L01

Untuk kasus nRF24L01, eksperimen dilakukan *indoor* dan *outdoor*. Saat *indoor receiver* dipindah-pindahkan melewati penghalang dinding. Dari hasil eksperimen didapatkan bahwa *receiver* dapat dipindahkan melewati dinding sampai sejauh 3 m. Di atas 3m, sinyal komunikasi akan terputus tetapi akan tersambung kembali jika *receiver* didekatkan ke arah *transmitter*.

Selanjutnya pada eksperimen *outdoor* dilakukan pemisahan jarak sejauh 10m. Komunikasi masih bisa dilakukan asalkan Line of Sight (LOS). Tetapi ketika bergerak maka hanya *receiver* saja yang bisa bergerak. Ketika *transmitter* yang bergerak, sedikit apapun jarak yang memisahkan akan membuat koneksi terputus.

Perbedaannya ketika *receiver* yang bergerak dan *transmitter* yang bergerak adalah sebagai berikut. Ketika *receiver* yang bergerak, kemudian kehilangan koneksi maka cukup dengan bergerak ke arah *transmitter* maka koneksi akan terjadi secara otomatis. Sementara itu jika *transmitter* yang bergerak kemudian kehilangan koneksi maka koneksi benar-benar hilang. Artinya harus deprogram untuk mencari koneksi baru agar terjadi terhubung lagi.

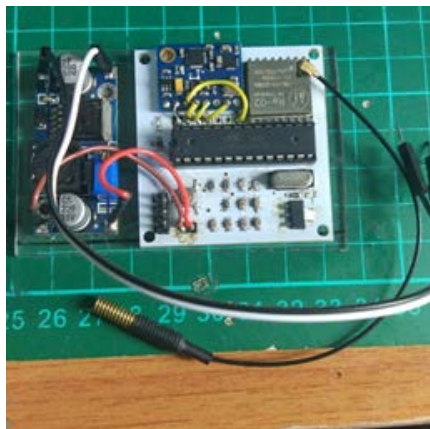
Dari sini bisa disimpulkan bahwa nRF24L01 hanya cocok untuk aplikasi yang

komponennya bersifat statis atau diam di tempat. Terutama sekali *transmitter* harus diam di tempat tidak boleh bergerak.

Untuk aplikasi yang bergerak maka ada dua alternatif yaitu memakai ESP8266, LoRa, atau sistem berbasis GSM. LoRa adalah singkatan dari *Long Range*, dengan teknologi frekuensi radio yang berbeda antar negara. Misalnya saja di Eropa biasa memakai frekuensi 868 MHz, sedangkan Asia frekuensi 433 MHz. Sayangnya meskipun menggunakan frekuensi lisensi bebas, belum ada izin resmi penggunaan frekuensi ini untuk aplikasi di Indonesia sehingga rawan Razia.

Untuk sistem berbasis LoRa telah dilakukan eksperimen seperti saat mencoba nRF24L01. Kali ini eksperimen hanya dilakukan di *outdoor* saja. Untuk membuktikan kemampuan komunikasi nirkabel tanpa LOS, eksperimen dilakukan dari Bandara Husein Sastranegara ke jalan raya yang menjauh dari bandara. Ketika *transmitter* bergerak ke arah Jalan Pajajaran, hasil pengiriman bilangan integer diterima dengan baik. Kemudian *transmitter* dibawa menjauh ke arah Jalan Sudirman, hasil pengiriman juga masih diterima dengan baik.

*Transmitter* yang bergerak masih bisa diterima oleh *receiver* yang diam meskipun sudah sampai di bundaran Rajawali – Soekarno Hatta. Dari hasil eksperimen ini disimpulkan bawa LoRa berpotensi untuk dijadikan media komunikasi bergerak. Kecepatan transfer masih terbatas tetapi masih bisa digunakan untuk pelaporan device IoT yang biasanya tidak memerlukan transfer data kecepatan tinggi. Perlu diingat bahwa frekuensi yang dipakai belum mendapatkan izin penggunaan.



Gambar 7.

#### Perangkat LoRa yang Digunakan dalam Eksperimen

ESP8266 masih lebih mungkin dipakai untuk aplikasi karena sudah ada izin penggunaan frekuensi. Hal ini disebabkan ESP8266 memakai frekuensi yang sama dengan WiFi 802.11 yaitu 2,4GHz. Kecepatan transfernya juga cukup tinggi sampai lebih dari 1 mbps. Sayangnya jarak komunikasinya masih terbatas. Berdasarkan eksperimen, jarak di bawah 10m masih memberikan hasil yang stabil dalam komunikasi data.

Konfigurasi ESP8266 bisa dibuat sebagai komponen tambahan kepada framework yang sudah ada. Misalnya jika sudah memiliki sistem embedded yang memiliki komunikasi serial, komunikasi nirkabel ESP8266 bisa ditambahkan dengan menghubungkan chip ESP8266 ke sistem *embedded*.

Sementara itu ada lagi sistem minimum yang sudah memasukkan ESP8266 sebagai bagian terintegrasi seperti nodemcu. Selain nodemcu, sistem minimum lain yang memiliki koneksi WiFi adalah ESP32. Sistem minimum ini juga memiliki koneksi BLE atau *Bluetooth Low Energy*. BLE sudah banyak digunakan pada aplikasi seperti *smart watch*, *location based apps*, dan lain-lain.

Dilihat dari konsumsi daya, ESP8266 jauh lebih tinggi daripada LoRa atau BLE. ESP8266 tidak bisa berdiri sendiri untuk jangka waktu yang lama. Sedangkan LoRa bisa berdiri sendiri untuk jangka waktu yang lebih lama dibandingkan ESP8266 untuk aplikasi yang jarak antar perangkatnya sama. BLE bahkan lebih lama lagi, dengan batere kancing bisa bertahan selama 2 tahun untuk *aplikasi location based* seperti iBeacon.

Untuk aplikasi bergerak lainnya, moda komunikasi yang lebih handal, bisa dari jarak yang jauh, maka pilihan satu-satunya adalah memakai komunikasi GSM. Ada beberapa jenis teknologi GSM tersedia di pasaran Indonesia. Di antaranya yaitu SIM800L dan SIM900 di mana yang pertama disebut memiliki teknologi koneksi internet 2G sedangkan yang terakhir memakai teknologi koneksi 3G.

Kondisi nyata sekarang ini koneksi 2G sudah mulai terbatas. Tidak semua tempat menyediakan koneksi 2G. Sebagian besar sudah berpindah ke koneksi 4G atau yang

lebih baru. Karena itu meskipun harganya jauh lebih murah, SIM800L saat ini bisa dikatakan tidak stabil untuk koneksi internet dibandingkan SIM900. Tetapi untuk jenis koneksi dasar seperti untuk SMS, SIM800L masih dapat diandalkan.

Untuk keperluan telemetri di mana data yang dikirimkan tidak terlalu besar dan dalam interval waktu yang cukup lama, pengiriman data melalui SMS masih memungkinkan.

Konsumsi daya dari perangkat GSM ini cukup besar. Bisa dikatakan konsumsinya setara dengan sistem minimum seperti Raspberry Pi. Untuk menyalakan konsumsi daya yang besar ini, maka dalam beberapa aplikasi GSM hanya dinyalakan ketika akan mengirimkan data. Misalnya dalam aplikasi yang kami buat yaitu untuk monitoring tempat sampah di kota Bandung.

Pada aplikasi ini ada beberapa sistem yang bekerja bersama. Di tempat sampah di pasang sistem IoT berbasis Arduino. Sistem ini dilengkapi dengan sensor ultrasonik SR04 yang akan mengukur jarak dari sensor ke tumpukan sampah. Semakin dekat tumpukan sampah ke sensor maka semakin penuh bak sampah. Kondisi tumpukan sampah ini akan dilaporkan ke sistem di pusat menggunakan SMS.

Pelaporan tidak dilakukan setiap saat melainkan dalam interval setiap satu jam sekali. Pola pengiriman data satu jam sekali masih valid tergantung pada aplikasinya. SMS akan diterima oleh server di kantor PD Kebersihan yang selanjutnya ditampilkan dalam sistem informasi berbasis web.

#### 4. KESIMPULAN

Sebagai pilihan sensor ultrasonik adalah SRF-05. Akurasinya meskipun dalam interval 0,3 mm, memiliki kestabilan pengukuran sampai jarak 2 m. Selain itu konsumsi dayanya juga paling rendah jika dibandingkan dengan sensor ultrasonik lain ataupun sensor berbasis infrared dan laser. Dari sisi harga juga dalam kategori menengah.

Sensor suhu yang menjadi pilihan adalah DHT 22. Aplikasi dunia nyata jarang sekali yang membutuhkan pengukuran suhu continuous real time. Dengan pengukuran dalam interval waktu tertentu, bisa dilakukan

pengambilan nilai rata-rata agar hasilnya lebih konsisten dan dapat dipercaya.

Untuk keperluan *location based app*, maka disarankan memakai GPS yang memiliki antena aktif keramik yang besar. Atau jika diperlukan maka gunakan antena perpanjangan terutama di awal penggunaan karena harus mendapatkan informasi awal satelit. Setelah informasi awal satelit diperoleh maka selanjutnya menggunakan antena yang terpasang default bisa dilakukan.

Sementara itu untuk komunikasi jarak dekat, komponen yang paling murah adalah BLE tetapi jarak koneksinya pendek. nRF24L01 memiliki jarak koneksi yang cukup jauh jika ada di LOS asalkan *transmitter* dalam keadaan diam. Aplikasi bergerak disarankan memakai LoRa 433 MHz. Tetapi saat ini harus diperhatikan izin penggunaan frekuensinya. Di Indonesia masih dalam pembahasan.

Tentu saja jika tidak memperhitungkan konsumsi daya maka pemakaian SIM800L atau SIM900 sangat cocok untuk komunikasi jarak jauh. Penggunaan daya yang besar bisa dikompensasi dengan pemakaian yang singkat dengan interval antar pemakaian yang cukup jauh.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Awaludin, I., & Soewono, E. B. (2018). PERANGKAT KONVERSI DATA DARI STATISTICAL PROCESS CONTROL KE USB UNTUK ALAT UKUR DIGITAL. *IKRAITH INFORMATIKA*, 2(2), 24–27. Retrieved from <http://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-informatika/article/view/183/91>
- Barragán, H. (2004). Wiring: Prototyping Physical Interaction Design. *Interaction Design Institute, Ivrea, Italy*, (June), 43. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Wiring+:+P+rototyping+Physical+Interaction+Desig+n#0>
- Busquets, J., Busquets, J. V., Dionisio, T., Pérez, F., Busquets-Carbonell, J., Barberá, A., ... Gilabert, J. (2012). Low-cost AUV based on Arduino Open Source Microcontroller Board for oceanographic research applications in

a collaborative long term deployment missions and suitable for combining with an USV as autonomous automatic recharging platform. In *IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV)* (pp. 24–27). Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67210/Javier>

Busquets%3BBusquets%3BFrancisco Perez - Low-cost AUV based on Arduino Open Source ....pdf?sequence=2

Caccamo, M. T., Calabrò, E., Cannuli, A., & Magazù, S. (2016). Wavelet Study of Meteorological Data Collected by Arduino-Weather Station: Impact on Solar Energy Collection Technology. In *MATEC Web of Conferences* (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1051/201>

Teikari, P., Najjar, R. P., Malkki, H., Knoblauch, K., Dumortier, D., Gronfier, C., & Cooper, H. M. (2012). An inexpensive Arduino-based LED stimulator system for vision research. *Journal of Neuroscience Methods*, *211*(2), 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2012.09.012>